

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-329305

(43)Date of publication of application : 15.11.2002

(51)Int.Cl.

G11B 5/65  
G11B 5/667  
G11B 5/84

(21)Application number : 2001-132839

(22)Date of filing : 27.04.2001

(71)Applicant : SHOWA DENKO KK

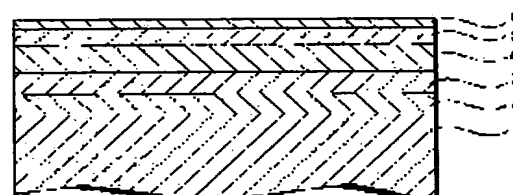
(72)Inventor : MOCHIZUKI NORIO  
SHIMIZU KENJI  
SAKAWAKI AKIRA  
YO TERU  
KOKUBU MASATO  
SAKAI HIROSHI

(54) MAGNETIC RECORDING MEDIUM, METHOD OF MANUFACTURING FOR THE SAME AND MAGNETIC RECORDING AND REPRODUCING DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a magnetic recording medium which is capable of improving thermal fluctuation characteristics without deteriorating output characteristics, noise characteristics, etc.

SOLUTION: A nonmagnetic substrate 1 is provided thereon with an orientation control film 3, a perpendicular magnetic film 4 and a protective film 5 and the orientation control film 3 contains Hf and  $\Delta\theta 50$  of the orientation control film 3 is smaller than  $\Delta\theta 50$  of the perpendicular magnetic film 4 and is specified to a range from 2 to 15°; in addition, the reverse magnetic domain forming magnetic field of the perpendicular magnetic film 4 is specified to 0 to 2,500 (Oe).



1 : 非磁性基板  
2 : 軟磁性下地膜  
3 : 配向制御膜  
4 : 垂直磁性膜  
5 : 保護膜

## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-329305

(P 2 0 0 2 - 3 2 9 3 0 5 A)

(43) 公開日 平成14年11月15日 (2002.11.15)

(51) Int. Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
G11B 5/65		G11B 5/65	5D006
5/667		5/667	5D112
5/84		5/84	Z

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全11頁)

(21) 出願番号 特願2001-132839 (P 2001-132839)

(22) 出願日 平成13年4月27日 (2001.4.27)

(71) 出願人 000002004

昭和電工株式会社

東京都港区芝大門1丁目13番9号

(72) 発明者 望月 寛夫

千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電

工エイチ・ディー株式会社内

(72) 発明者 清水 謙治

千葉県市原市八幡海岸通5番の1 昭和電

工エイチ・ディー株式会社内

(74) 代理人 100064908

弁理士 志賀 正武 (外6名)

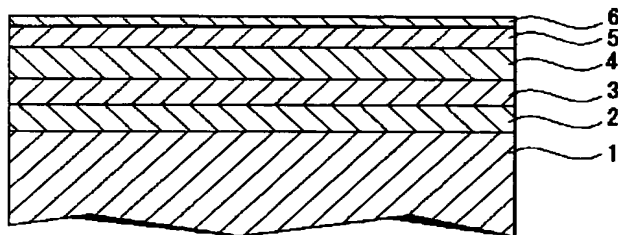
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】 出力特性やノイズ特性などを劣化させることなく、熱揺らぎ特性を向上させることができる磁気記録媒体を提供する。

【解決手段】 非磁性基板1上に、配向制御膜3と、垂直磁性膜4と、保護膜5とが設けられ、配向制御膜3がHfを含み、配向制御膜3の $\Delta\theta 50$ が、垂直磁性膜4の $\Delta\theta 50$ より小さく、かつ2～15度の範囲とされ、垂直磁性膜4の逆磁区核形成磁界が0～2500 (Oe) とされている。



1 ; 非磁性基板  
2 ; 軟磁性下地膜  
3 ; 配向制御膜  
4 ; 垂直磁性膜  
5 ; 保護膜

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 非磁性基板上に、少なくとも直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、

配向制御膜は、Hfを含み、

配向制御膜の $\Delta\theta_{50}$ が、垂直磁性膜の $\Delta\theta_{50}$ より小さく、かつ2～15度の範囲とされ、

垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界が0～2500(Oe)とされていることを特徴とする磁気記録媒体。

【請求項2】 配向制御膜は、Y、Ti、Zr、Nb、Ta、Rh、Au、Al、Cr、C、O、Nのうちから選ばれる1種または2種以上を含むHf合金からなるものであることを特徴とする請求項1記載の磁気記録媒体。

【請求項3】 配向制御膜は、Si酸化物、Zr酸化物、Ti酸化物、Al酸化物、Bのうちから選ばれる1種または2種以上を含むHf合金からなるものであることを特徴とする請求項1記載の磁気記録媒体。

【請求項4】 非磁性基板と配向制御膜との間に、軟磁性材料からなる軟磁性下地膜が設けられていることを特徴とする請求項1～3のうちいずれか1項記載の磁気記録媒体。

【請求項5】 非磁性基板上に、少なくとも直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とを設ける磁気記録媒体の製造方法であって、

配向制御膜を、Hfを含むものとし、配向制御膜の $\Delta\theta_{50}$ を、垂直磁性膜の $\Delta\theta_{50}$ より小さく、かつ2～15度の範囲とし、垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界を0～2500(Oe)とすることを特徴とする磁気記録媒体の製造方法。

【請求項6】 磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備え、磁気記録媒体が、非磁性基板上に、少なくとも直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、

配向制御膜は、Hfを含み、配向制御膜の $\Delta\theta_{50}$ が、垂直磁性膜の $\Delta\theta_{50}$ より小さく、かつ2～15度の範囲とされ、垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界が0～2500(Oe)とされていることを特徴とする磁気記録再生装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、磁気記録媒体、その製造方法、およびこの磁気記録媒体を用いた磁気記録再生装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、磁性膜内の磁化容易軸が主に基板

に対し平行に配向した面内磁気記録媒体が広く用いられている。面内磁気記録媒体において、高記録密度化を実現するにはノイズを低くすることが必要となるが、ノイズ低減のため磁性粒子の小粒径化を図ると、この粒子の体積が小さくなるため、熱揺らぎに起因する再生特性の悪化が生じやすくなる。また記録密度を高めた際に、記録ビット境界での反磁界の影響により媒体ノイズが増加することがある。これに対し、磁性膜内の磁化容易軸が主に基板に対し垂直に配向した垂直磁気記録媒体は、高記録密度化した場合でも、ビット境界での反磁界の影響が小さく、境界が鮮明な記録磁区が形成されるため、熱揺らぎ特性およびノイズ特性を高めることができることから、大きな注目を集めている。垂直磁気記録媒体の例としては、特開昭60-214417号公報、特開昭63-211117号公報に開示されたものを挙げることができる。垂直磁気記録媒体の垂直磁性膜には、通常、磁気異方性を大きくできるCoCr合金などのCo合金が用いられる。非磁性基板上に直接Co合金磁性膜を形成した場合、磁性膜の結晶配向性が劣化し、柱状結晶の粒径も不均一となるため、非磁性基板と垂直磁性膜との間に下地膜を設けることによって、磁性膜の結晶配向性(C軸配向性)を向上させる試みがなされている。Ti等の六方最密充填構造をなす材料は、結晶が(0001)に配向しやすいため、これを下地膜に用いることによって、Co合金磁性膜の配向性を改善することができると報告されている。Tiを含む下地膜を用いた垂直磁気記録媒体に関しては、IEEE Transactions on Magnetics MAG., 19(1983)1644に記載されている。特公平7-101495号公報には、Ti含有下地膜の下にSi、Ge、Snなどからなる膜を設けることにより、Ti含有下地膜とCo合金磁性膜のC軸配向性を高める手法が提案されている。また特許第2669529号公報には、Ti含有下地膜に他の元素を含有させることにより、下地膜とCo合金磁性膜との間の格子の整合性を高め、Co合金磁性膜のC軸配向性を向上させる手法が提案されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 近年では、垂直磁気記録媒体の磁気特性を向上させ、さらなる高記録密度化を実現するため、出力特性、ノイズ特性などの磁気特性を向上させることが要望されている。優れた記録再生特性やノイズ特性を得るには、磁性膜中の磁性粒子の微細化、均一化、磁氣的孤立化などが有効であるが、この場合には、磁性粒子が小さくなるため、熱揺らぎ特性が低下しやすい問題がある。本発明は、上記事情に鑑みてなされたもので、出力特性やノイズ特性などを劣化させることなく、熱揺らぎ特性を向上させることができる磁気記録媒体、その製造方法、および磁気記録再生装置を提供することを目的とする。

## 【0004】

【課題を解決するための手段】本発明の磁気記録媒体は、配向制御膜がHfを含み、配向制御膜の $\Delta\theta 50$ が、垂直磁性膜の $\Delta\theta 50$ より小さく、かつ2～15度の範囲とされ、垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界が0～2500(Oe)とされていることを特徴とする。配向制御膜は、Y、Ti、Zr、Nb、Ta、Rh、Au、Al、Cr、C、O、Nのうちから選ばれる1種または2種以上を含むHf合金からなるものとする。配向制御膜は、Si酸化物、Zr酸化物、Ti酸化物、Al酸化物、Bのうちから選ばれる1種または2種以上を含むHf合金からなるものとする。非磁性基板と配向制御膜との間には、軟磁性材料からなる軟磁性下地膜を設けることもできる。本発明の磁気記録媒体の製造方法は、配向制御膜を、Hfを含むものとし、配向制御膜の $\Delta\theta 50$ を、垂直磁性膜の $\Delta\theta 50$ より小さく、かつ2～15度の範囲とし、垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界を0～2500(Oe)とすることを特徴とする。本発明の磁気記録再生装置は、磁気記録媒体と、該磁気記録媒体に情報を記録再生する磁気ヘッドとを備え、磁気記録媒体が、非磁性基板上に、少なくとも直上の膜の配向性を制御する配向制御膜と、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した垂直磁性膜と、保護膜とが設けられ、配向制御膜がHfを含み、配向制御膜の $\Delta\theta 50$ が、垂直磁性膜の $\Delta\theta 50$ より小さく、かつ2～15度の範囲とされ、垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界が0～2500(Oe)とされていることを特徴とする。

#### 【0005】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の一実施の形態である磁気記録媒体の構成を模式的に示す断面構成図である。図1に示すように、本実施形態の磁気記録媒体は、非磁性基板1上に軟磁性下地膜2と、配向制御膜3と、垂直磁性膜4と、保護膜5と、潤滑膜6とが設けられて構成されている。基板1としては、磁気記録媒体用基板として一般に用いられているNiPメッキ膜を有するアルミニウム合金基板、ガラス基板(結晶化ガラス、強化ガラス等)、セラミックス基板、カーボン基板、シリコン基板、シリコンカーバイド基板を挙げることができる。またこれらの基板にNiP膜をメッキ法やスパッタ法などにより形成した基板を挙げることができる。基板1の表面の平均粗さRaは、0.01～2nm(好ましくは0.05～1.5nm)とするのが好適である。表面平均粗さRaがこの範囲未満であると、媒体への磁気ヘッドの吸着や、記録再生時の磁気ヘッド振動が起りやすくなる。また表面平均粗さRaがこの範囲を越えるとグライド特性が不十分となりやすい。

【0006】軟磁性下地膜2は、垂直磁性膜4の磁化をより強固に基板1と垂直な方向に固定するために設けられているものである。軟磁性下地膜2を構成する軟磁性材料としては、Feを60at%以上含有するFe合金を用いることができる。この材料としては、FeCo系

合金(FeCo、FeCoVなど)、FeNi系合金(FeNi、FeNiMo、FeNiCr、FeNiSiなど)、FeAl系合金(FeAl、FeAlSi、FeAlSiCr、FeAlSiTiRuなど)、FeCr系合金(FeCr、FeCrTi、FeCrCuなど)、FeTa系合金(FeTa、FeTaCなど)、FeC系合金、FeN系合金、FeSi系合金、FeP系合金、FeNb系合金、FeHf系合金を挙げることができる。軟磁性下地膜2は、FeAlO、FeMgO、FeTaN、FeZrNなどの微細結晶からなる構成とすることができる。またこの微細結晶がマトリクス中に分散されたグラニュー構造を有する構成とすることもできる。軟磁性下地膜2には、上記のほかCoを80at%以上含有し、かつZr、Nb、Ta、Cr、Mo等のうち1種または2種以上以上を含有するCo合金を用いることができる。例えば、CoZr、CoZrNb、CoZrTa、CoZrCr、CoZrMoなどを好適なものとして挙げることができる。また、軟磁性下地膜2は、アモルファス構造をなす合金からなるものとする。【0007】軟磁性下地膜2は、その飽和磁束密度が0.8T以上であることが好ましい。飽和磁束密度が0.8T未満であると、再生波形が乱れ、ノイズが増加するおそれがある。また、軟磁性下地膜2の保磁力は可能な限り小さくすることが好ましいが、実用的には、200(Oe)( $15.8 \times 10^3 \text{ A/m}$ )より小さくすれば十分な磁気特性を得ることができる。

【0008】軟磁性下地膜2の厚さは、軟磁性下地膜2を構成する材料の飽和磁束密度によって適宜設定される。具体的には、軟磁性下地膜を構成する材料の飽和磁束密度Bs(T)と、軟磁性下地膜2の膜厚t(nm)の積であるBs・t(T・nm)が、40T・nm以上(好ましくは60T・nm以上)であることが望ましい。

【0009】軟磁性下地膜2の表面(図1中、上面)は、軟磁性下地膜2を構成する材料が部分的または完全に酸化されていることが好ましい。この酸化部分(酸化層)の厚さは0.1nm以上3nm未満とするのが好ましい。軟磁性下地膜2が酸化された状態はオージェ電子分光法、SIMS法などにより確認することができる。また軟磁性下地膜2表面の酸化部分(酸化層)の厚さは、例えば媒体断面の透過型電子顕微鏡(TEM)写真により求めることができる。

【0010】配向制御膜3は、直上に位置する垂直磁性膜4の配向性や結晶粒径を制御するために設けられた膜である。本実施形態の磁気記録媒体において、配向制御膜3には、Hfを含む材料が用いられている。配向制御膜3の材料としては、Hfを用いてもよいし、Hfと他の元素とを含むHf合金を用いてもよい。

【0011】このHf合金としては、Y、Ti、Zr、

Nb、Ta、Rh、Au、Al、Cr、C、O、Nのうちから選ばれる1種または2種以上（以下、添加元素という）を含むものを挙げることができる。Hf合金の具体例としては、Hf-Y、Hf-Ti、Hf-Zr、Hf-Nb、Hf-Ta、Hf-Rh、Hf-Au、Hf-Al、Hf-Cr、Hf-C、Hf-O、Hf-Nを挙げることができる。

【0012】配向制御膜3に、Y、Nb、Ta、Rh、Auのうち1種または2種以上を含むHf合金を用いる場合には、配向制御膜3中における添加元素の含有率は、0.1~10at%（好ましくは0.1~5at%）とするのが好適である。Ti、Zr、Al、Crのうち1種または2種以上を含むHf合金を用いる場合には、配向制御膜3中における添加元素の含有率は、0.1~50at%（好ましくは0.1~30at%）とするのが好適である。Cを含むHf合金を用いる場合には、配向制御膜3中におけるCの含有率は、0.1~30at%（好ましくは0.1~15at%）とするのが好適である。OとNのうち少なくともいずれかを含むHf合金を用いる場合には、配向制御膜3中における添加元素（O、N）の含有率は、40at%以下（好ましくは30at%以下）とするのが好適である。O、Nの含有率は、1at%以上とするのが好ましい。添加元素の含有率が上記範囲を越える場合には、配向制御膜3の配向性が悪化し、垂直磁性膜4の配向性が劣化し、出力特性やノイズ特性に悪影響が及ぶことがある。

【0013】配向制御膜3には、Si酸化物、Zr酸化物、Ti酸化物、Al酸化物、Bのうちから選ばれる1種または2種以上を含むHf合金を用いることもできる。このHf合金の具体例としては、Hf-SiO<sub>2</sub>、Hf-ZrO<sub>2</sub>、Hf-TiO<sub>2</sub>、Hf-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Hf-Bを挙げることができる。配向制御膜3中において、上記材料（Si酸化物、Zr酸化物、Ti酸化物、Al酸化物、Bのうち1種以上）の含有率は、1~50at%（好ましくは1~40at%）とするのが好適である。この含有率が上記範囲を越える場合には、配向制御膜3の配向性が悪化し、垂直磁性膜4の配向性が劣化し、出力特性やノイズ特性に悪影響が及ぶことがある。また、配向制御膜3には、上記添加元素、酸化物、Bだけでなく、配向制御膜3の結晶構造を悪化させない範囲で他の元素を含有する合金を用いることもできる。

【0014】本実施形態の磁気記録媒体において、配向制御膜3の $\Delta\theta 50$ は、垂直磁性膜4の $\Delta\theta 50$ より小さく、かつ2~15度（好ましくは2~10度）の範囲とされている。配向制御膜3の $\Delta\theta 50$ は、上記範囲未満であると、ノイズ特性の劣化を招く。また $\Delta\theta 50$ が上記範囲を越えると、分解能が低下する。ここでいう $\Delta\theta 50$ とは、当該膜の結晶面の傾き分布を示すものであり、具体的には、膜表面における特定の配向面に関するロッキング曲線のピークの半値幅をいう。 $\Delta\theta 50$ は、数値が小さ

いほど当該膜の結晶配向性が高いということができる。本実施形態において、配向制御膜3の $\Delta\theta 50$ とは、hcp構造の配向面（0002）に関するものである。

【0015】以下、配向制御膜3表面の $\Delta\theta 50$ を測定する場合を例として、 $\Delta\theta 50$ の測定法を説明する。

#### （1）ピーク位置決定

図2に示すように、表面側に配向制御膜3が形成されたディスクDに、入射X線21を照射し、回折X線22を回折X線検出器23によって検出する。検出器23の位置は、この検出器23によって検出される回折X線22の入射X線21に対する角度（入射X線21の延長線24に対する回折X線22の角度）が、入射X線21のディスクD表面に対する入射角 $\theta$ の2倍、すなわち $2\theta$ となるように設定する。入射X線21を照射する際には、ディスクDの向きを変化させることにより入射X線21の入射角 $\theta$ を変化させるとともに、これに連動させて、検出器23の位置を、回折X線22の入射X線21に対する角度が $2\theta$ （すなわち入射X線21の入射角 $\theta$ の2倍の角度）を維持するように変化させつつ、回折X線22の強度を検出器23により測定する $\theta-2\theta$ スキニング法を行い、 $\theta$ と回折X線22の強度との関係を調べ、回折X線22の強度が最大となるような検出器23の位置を決定する。この検出器位置における回折X線22の入射X線21に対する角度 $2\theta$ を、 $2\theta p$ という。得られた角度 $2\theta p$ より、配向制御膜3表面において支配的な結晶面を知ることができる。

#### 【0016】（2）ロッキング曲線の決定

図3に示すように、検出器23を、回折X線22の角度 $2\theta$ が $2\theta p$ となった位置に固定し、検出器23を固定した状態で、ディスクDの向きのみを変化させることにより入射X線21の入射角 $\theta$ を変化させ、入射角 $\theta$ と、検出器23によって検出された回折X線22の強度との関係を示すロッキング曲線を作成する。検出器23の位置を、回折X線22の角度 $2\theta$ が $2\theta p$ となった位置に固定するため、ロッキング曲線は、配向制御膜3表面の結晶面のディスクD面に対する傾きの分布を表すものとなる。図4は、ロッキング曲線の例を示すものである。 $\Delta\theta 50$ とは、このロッキング曲線において当該配向面を示すピークの半値幅をいう。

【0017】配向制御膜3の厚さは50nm以下（好ましくは30nm以下）とするのが好適である。この膜厚が上記範囲を越えると、配向制御膜3内で結晶粒の粒径が大きくなり、垂直磁性膜4における磁性粒子が粗大化しやすくなる。また記録再生時における磁気ヘッドと軟磁性下地膜2との距離が大きくなり、再生信号の分解能が低下し、ノイズ特性が劣化するため好ましくない。配向制御膜3は、薄すぎれば垂直磁性膜4の結晶配向性が劣化するため、厚さが0.1nm以上となるように形成するのが好ましい。配向制御膜3は、hcp構造をとることが好ましい。

【0018】垂直磁性膜4は、磁化容易軸が基板に対し主に垂直に配向した磁性膜であり、この垂直磁性膜4には、Co合金を用いることが好ましい。例えばCoCrPt合金、CoPt合金、あるいはこれらの合金にTa、Zr、Nb、Cu、Re、Ru、V、Ni、Mn、Ge、Si、B、O、Nなどから選ばれる1種または2種以上の元素を添加した合金を用いることができる。

【0019】垂直磁性膜4は、厚さ方向に均一な単層構造とすることもできるし、遷移金属(Co、Co合金)からなる層と貴金属(Pt、Pd等)からなる層とを積層した多層構造とすることもできる。多層構造とする場合、遷移金属層に用いられるCo合金には、上記CoCrPt系合金やCoPt系合金などを用いることができる。CoCrPt系合金を用いる場合には、垂直磁気異方性を高めるため、Pt含有量を8~24at%とすることがより好ましい。貴金属層の厚さは0.4~1.4nmの範囲とするのが好ましい。この厚さが0.4nmより小さくなると、保磁力Hcや逆磁区核生成磁界が低下するとともにその層厚の設定が難しくなり、1.4nmよりも大きくなると、保磁力が低下する。遷移金属層の厚さは、0.1nm~0.6nm(好ましくは0.1~0.4nm)とするのが好適である。この遷移金属層は、薄すぎれば保磁力Hc、逆磁区核生成磁界が低下するとともに厚さの設定が難しくなり、厚すぎればノイズ特性が悪化する。多層構造型の垂直磁性膜4においては、これら遷移金属層と貴金属層のうちいずれを最上層としてもかまわないが、最下層は貴金属層とするのが好ましい。上記Co合金からなる単層構造型の垂直磁性膜、および多層構造型の垂直磁性膜はいずれも多結晶膜となるが、本発明の磁気記録媒体では、非晶質構造の垂直磁性膜を適用することもできる。具体的には、TbFeCo系合金などの希土類元素を含む合金を用いることができる。

【0020】垂直磁性膜4の厚さは、目的とする再生出力によって適宜最適化すればよいが、単層構造型と多層構造型とのいずれの場合においても、厚すぎる場合には、ノイズ特性が悪化する、分解能が低下する等の問題が起こりやすいため、3~100nmであることが好ましい。垂直磁性膜4は、hcp構造をなすものであることが好ましい。

【0021】この磁気記録媒体では、垂直磁性膜4の逆磁区核形成磁界(-Hn)が0~2500(Oe)とされている。逆磁区核形成磁界(-Hn)が上記範囲未満であると、熱揺らぎ耐性が低下し、上記範囲を越えると、ノイズ特性が劣化する。図5に示すように、逆磁区核形成磁界(-Hn)とは、履歴曲線(MH曲線)において、磁化が飽和した状態(符号c)から外部磁場を減少させる過程で、外部磁場が0となる点aから磁化反転を起こす点bまでの距離(Oe)で表すことができる。なお、逆磁区核形成磁界(-Hn)は、磁化反転を起こ

す点bが、外部磁場が負となる領域にある場合に正の値をとり(図5を参照)、逆に、点bが、外部磁場が正となる領域にある場合に負の値をとる(図6を参照)。逆磁区核形成磁界(-Hn)の測定には、カー効果測定装置または振動式磁気特性測定装置を用いるのが好適である。

【0022】保護膜5は、垂直磁性膜4の腐食を防ぐとともに、磁気ヘッドが媒体に接触したときに媒体表面の損傷を防ぎ、かつ磁気ヘッドと媒体の間の潤滑特性を確保するためのもので、従来公知の材料を使用することが可能であり、例えばC、SiO<sub>2</sub>、ZrO<sub>2</sub>の単一組成、またはこれらを主成分とし他元素を含むものが使用可能である。保護膜5の厚さは、1~10nmの範囲とするのが好ましい。

【0023】潤滑膜6には、パーフルオロポリエーテル、フッ素化アルコール、フッ素化カルボン酸など公知の潤滑剤を使用することができる。その種類および膜厚は、使用される保護膜や潤滑剤の特性に応じて適宜設定することができる。

【0024】上記構成の磁気記録媒体を製造するには、図1に示す基板1上に、スパッタ法などにより軟磁性下地膜2を形成し、次いで、必要に応じてこの軟磁性膜2の表面に酸化処理を施し、次いで配向制御膜3、垂直磁性膜4を順次スパッタ法などにより形成する。次いで、スパッタ法や、CVD法、イオンビーム法等によって保護膜5を形成した後、ディップコーティング法、スピンコート法などにより潤滑膜6を形成する。

【0025】また、軟磁性下地膜2の表面に酸化処理を施す場合には、軟磁性下地膜2を形成した後、軟磁性下地膜2を酸素含有ガスに曝す方法や、軟磁性下地膜2の表面に近い部分を成膜する際のプロセスガス中に酸素を導入する方法を採ることができる。例えば、酸素をアルゴンなどの希ガスで希釈したガス、大気、純酸素に、軟磁性下地膜2の表面を0.1~30秒程度曝す方法を採用することができる。具体的には、10<sup>-4</sup>~10<sup>-6</sup>Paの真空度に対して10<sup>-3</sup>Pa以上の酸素ガス圧の雰囲気軟磁性下地膜2表面を0.1~30秒間曝すことで、好ましい酸化状態を得ることができる。軟磁性下地膜2を酸素含有ガスに曝す際には、使用する酸素の量、酸素への曝露時間を適宜設定することで酸化の度合いを調節することができる。特に酸素をアルゴン等の希ガスで希釈したガスを用いる場合には、軟磁性下地膜2表面の酸化の度合いの調整が容易になる。軟磁性下地膜2の成膜用のプロセスガスに酸素を導入する場合には、例えば成膜法としてスパッタ法を用い、成膜時間の一部のみ(例えば成膜終了前の1秒間)に、酸素を含有させたプロセスガスを用いてスパッタを行う方法をとることができる。このプロセスガスとしては、例えばアルゴンに酸素を体積率で0.05%~10%程度混合したガスが好適に用いられる。この軟磁性下地膜2の表面酸化によって、軟磁

性下地膜2の最表面の磁気的な揺らぎを抑え、軟磁性下地膜2上に形成される配向制御膜3の結晶粒を微細化してノイズ特性の改善効果を得ることができる。また軟磁性下地膜2表面の酸化部分のバリア層の機能により、軟磁性下地膜2または非磁性基板1から腐食性物質が媒体表面に移動することを抑え、媒体表面の腐食の発生を抑えることができる。

【0026】配向制御膜3に、Hfを用いる場合には、Hfからなるターゲットを用いて、スパッタ法により配向制御膜3を形成することができる。Hf合金を用いる場合には、この合金からなるターゲットを用いて、スパッタ法により配向制御膜3を形成することができる。酸素または窒素を含むHf合金を用いる場合には、酸素または窒素を含むHf合金からなるターゲットを用いて配向制御膜3を形成してもよいし、HfまたはHf合金からなるターゲットを用い、酸素または窒素を含有するプロセスガスをを用いて配向制御膜3を形成してもよい。配向制御膜3に、上記酸化物(Si酸化物、Zr酸化物、Ti酸化物、Al酸化物)、Bを含むHf合金を用いる場合には、このHf合金からなるターゲットを用いて配向制御膜3を形成することができる。またSi、Zr、Ti、Alのうち1種または2種以上を含むHf合金からなるターゲットを用い、酸素を含有するプロセスガスをを用いることによって、上記酸化物を含むHf合金からなる配向制御膜3を形成することもできる。

【0027】垂直磁性膜4を、単層構造とする場合には、この垂直磁性膜4を構成する材料からなるターゲットを用いて垂直磁性膜4を形成することができる。垂直磁性膜4を、遷移金属層と貴金属層からなる多層構造とする場合には、遷移金属(Co、Co合金)からなる第1のターゲットと、貴金属(Pt、Pd等)からなる第2のターゲットを交互に用いて、それぞれのターゲットの材料を交互にスパッタすることにより垂直磁性膜4を構成する。

【0028】保護膜5の形成方法としては、カーボンターゲットを用いたスパッタ法や、CVD法、イオンビーム法を用いることができる。また、SiO<sub>2</sub>やZrO<sub>2</sub>のターゲットを用いたRFスパッタ、あるいはSiやZrのターゲットを用い、プロセスガスとして酸素を含むガスをを用いる反応性スパッタによって、SiO<sub>2</sub>やZrO<sub>2</sub>からなる保護膜5を形成する方法などを適用することができる。CVD法、イオンビーム法を用いる場合には、極めて硬度の高い保護膜5を形成することができ、スパッタ法により形成された保護膜に比べ、その膜厚を大幅に小さくすることが可能となるため、記録再生時のスレーシングロス小さくし、高密度の記録再生を行うことができる。

【0029】本実施形態の磁気記録媒体では、配向制御膜3がHfを含む材料からなり、配向制御膜3の $\Delta\theta_{50}$ が、垂直磁性膜4の $\Delta\theta_{50}$ より小さく、かつ2～15度

の範囲とされ、垂直磁性膜4の逆磁区核形成磁界(-H<sub>n</sub>)が0～2500(Oe)とされているので、出力特性およびノイズ特性を高め、しかも優れた熱揺らぎ特性が得られる。

【0030】配向制御膜3にHfを含む材料を用い、その $\Delta\theta_{50}$ を上記範囲とし、逆磁区核形成磁界(-H<sub>n</sub>)を上記範囲とすることによって、優れた磁気特性が得られる理由は、次に示すとおりであると考えられる。すなわち、配向制御膜3の $\Delta\theta_{50}$ が小さ過ぎる場合には、磁性粒子どうしの交換相互作用が大きくなり、ノイズが増大する。一方、配向制御膜3の $\Delta\theta_{50}$ が大き過ぎる場合には、保磁力分散が大きくなるため、分解能の劣化が起きてしまう。これに対し、配向制御膜3の $\Delta\theta_{50}$ を2～15度に設定した場合には、垂直磁性膜4の配向性を良好として保磁力やノイズ特性の低下を抑えることができるようになる。また、垂直磁性膜4において磁化が十分に安定となるため、垂直磁性膜4の逆磁区核形成磁界(-H<sub>n</sub>)が、正の値である0～2500(Oe)となるようになる。

【0031】配向制御膜3にHfを用いることによって、優れた磁気特性が得られる理由は、以下の通りであると推察できる。垂直磁性膜4を構成するCo合金と比較して、Hf(またはHf合金)は格子定数が大きいため、配向制御膜3の垂直磁性膜4に対する格子の整合性は低くなる。このため、垂直磁性膜4は、配向制御膜3に対し完全にはエピタキシャル的に成長せず、垂直磁性膜4の $\Delta\theta_{50}$ は配向制御膜3の $\Delta\theta_{50}$ より大きな値となる。垂直磁性膜4における結晶成長は、格子の整合性が低い配向制御膜3の影響下で行われるため、垂直磁性膜4において、磁化容易軸の方向は若干不均一となる。このため、磁化どうしの相互作用(反発力)が小さくなり磁化が安定化し、優れた熱揺らぎ特性が得られる。

【0032】また、Y、Ti、Zr、Nb、Ta、Rh、Au、Al、Cr、C、O、Nを含むHf合金を配向制御膜3に用いる場合には、上記添加元素(Y、Ti等)によって、粒界の形成を促し、結晶粒を微細化し、優れたノイズ特性を得ることができる。

【0033】また、Si酸化物、Zr酸化物、Ti酸化物、Al酸化物、Bを含むHf合金を用いる場合には、これら酸化物(Si酸化物など)やBがHfに固溶しない性質を有するため、配向制御膜3を形成する際に、膜内で上記酸化物(Si酸化物など)やBが偏析した粒界層が形成されやすくなることから、結晶粒が微細化される。このため、ノイズ特性を向上を図ることができる。

【0034】また、上記磁気記録媒体の製造方法によれば、配向制御膜3を、Hfを含み、配向制御膜3の $\Delta\theta_{50}$ が、垂直磁性膜4の $\Delta\theta_{50}$ より小さく、かつ2～15度の範囲とされ、垂直磁性膜4の逆磁区核形成磁界が0～2500(Oe)とされたものとするので、上述の通り、出力特性およびノイズ特性を悪化させることなく、



優れた熱揺らぎ特性を得ることができる。

【0035】図7に示すように、本発明の磁気記録媒体では、軟磁性下地膜2と配向制御膜3との間に、配向制御下地膜7を設けることができる。配向制御下地膜7は、B2構造をなす材料からなるものとするのが好ましい。B2構造をなす材料としては、NiAl、FeAl、CoFe、CoZr、NiTi、AlCo、AlRu、CoTiのうち1種または2種以上の合金を主成分とするものが使用できる。また、これらの合金にCr、Mo、Si、Mn、W、Nb、Ti、Zr、B、O、N等の元素を添加した材料を用いることもできる。上記2元系合金(NiAl、FeAl、CoFe、CoZr、NiTi、AlCo、AlRu、CoTi)を用いる場合には、この合金を構成する2つの成分の含有率を、いずれも40~60at% (好ましくは45~55at%)とするのが好ましい。配向制御下地膜7の厚さは、30nm以下とするのが好ましい。この厚さが上記範囲を越えると、垂直磁性膜4と軟磁性下地膜2との距離が大きくなり、分解能が低下し、ノイズ特性が劣化する。配向制御下地膜7の厚さは、0.1nm以上とするのが好ましい。配向制御下地膜7を設けることによって、配向制御膜3における結晶配向性の乱れを防ぐことができるようになる。特に、B2構造材料を用いる場合には、配向制御下地膜7における結晶粒径が小さくなるため、配向制御膜3の結晶粒を微細化することができるようになる。

【0036】図8に示すように、本発明の磁気記録媒体では、配向制御膜3と垂直磁性膜4との間に、非磁性材料からなる非磁性中間膜8を設けることができる。非磁性中間膜8には、Co合金を用いることができる。このCo合金としては、CoCrのほか、Ta、Zr、Nb、Cu、Re、Ru、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、Bから選ばれる1種または2種以上の元素をCoCrに添加した合金を用いることができる。またTa、Zr、Nb、Cu、Re、Ru、Ni、Mn、Ge、Si、O、N、Bから選ばれる1種または2種以上の元素と、Coとを含む非磁性のCo合金を用いることもできる。非磁性中間膜8は、厚すぎると垂直磁性膜4と軟磁性下地膜2との距離が大きくなることにより分解能が低下しノイズ特性が悪化するため、20nm以下とするのが好ましく、10nm以下とするのがより好ましい。非磁性中間膜8を設けることによって、垂直磁性膜4の配向性を向上させて保磁力を高めることができる。

【0037】図9に示すように、本発明の磁気記録媒体では、軟磁性下地膜2と基板1との間に、面内磁気異方性を有する硬磁性材料からなる硬磁性膜9と面内下地膜20を設けることもできる。硬磁性膜9に用いられる材料としては、遷移金属と希土類元素との合金からなる磁性材料を用いるのが好ましく、具体的にはCoCr合金、CoSm合金を挙げることができる。硬磁性膜9

は、保磁力Hcが1000(Oe)以上(好ましくは2000(Oe)以上)であることが好ましい。硬磁性膜9の厚さは、20~150nm(好ましくは40~70nm)とするのが好ましい。硬磁性膜9は、軟磁性下地膜2が基板半径方向の磁壁を形成しないようにするため、基板中心から放射状の方向に磁化され、硬磁性膜と軟磁性下地膜2が交換結合していることが好ましい。面内下地膜20には、CrまたはCr合金を用いるのが好ましい。面内下地膜20に用いられるCr合金の例としては、CrMo系、CrTi系、CrW系、CrMo系、CrV系、CrSi系、CrNb系の合金を挙げることができる。

【0038】硬磁性膜9を設けることによって、軟磁性下地膜2が形成する巨大な磁区によるスパイクノイズの発生を防ぐことができ、エラーレート特性に優れ、高密度記録が可能な磁気記録媒体を得ることができる。これは、以下の理由による。軟磁性下地膜2は、保磁力が小さく磁化の方向が変わりやすいために、基板1の面内方向に巨大な磁区を形成する。この軟磁性下地膜2中の磁区の境界である磁壁は、スパイクノイズ発生の原因となり、磁気記録媒体のエラーレートを低下させる要因となることがある。硬磁性膜9を軟磁性下地膜2と基板1との間に設けることにより、硬磁性膜9と軟磁性下地膜2を交換結合させ、軟磁性下地膜2の磁化方向を強制的に基板1半径方向に向け、上記巨大磁区が形成されないようにすることができる。このため、スパイクノイズ発生を防ぐことができる。

【0039】図10は、本発明に係る磁気記録再生装置の一例を示す断面構成図である。この図に示す磁気記録再生装置は、上記構成の磁気記録媒体10と、この磁気記録媒体10を回転駆動させる媒体駆動部11と、磁気記録媒体10に対して情報の記録再生を行う磁気ヘッド12と、磁気ヘッド12を駆動させるヘッド駆動部13と、記録再生信号処理系14とを備えている。記録再生信号系14は、入力されたデータを処理して記録信号を磁気ヘッド12に送ったり、磁気ヘッド12からの再生信号を処理してデータを出力することができるようになっている。

【0040】磁気ヘッド12としては、単磁極ヘッドを用いることができる。図11は、単磁極ヘッドの一例を示すもので、単磁極ヘッド12は、磁極15と、コイル16とから概略構成されている。磁極15は、幅の狭い主磁極17と幅広の補助磁極18とを有する側面視略コ字状に形成され、主磁極17は、記録時に垂直磁性膜4に印加される磁界を発生し、再生時に垂直磁性膜4からの磁束を検出することができるようになっている。

【0041】単磁極ヘッド12を用いて、磁気記録媒体10への記録を行う際には、主磁極17の先端から発せられた磁束が、垂直磁性膜4を、基板1に対し垂直な方向に磁化させる。この際、磁気記録媒体10には軟磁性

下地膜 2 が設けられているため、単磁極ヘッド 12 の主磁極 17 からの磁束は、垂直磁性膜 4、軟磁性下地膜 2 を通って補助磁極 18 に至る閉磁路を形成する。この閉磁路が単磁極ヘッド 12 と磁気記録媒体 10 との間に形成されることにより、磁束の出入りの効率が増し、高密度の記録再生が可能になる。なお、軟磁性膜 2 と補助磁極 18 との間の磁束は、主磁極 17 と軟磁性膜 2 との間の磁束とは逆向きになるが、補助磁極 18 の面積は主磁極 17 に比べて十分に広いので、補助磁極 18 からの磁束密度は十分に小さくなり、この補助磁極 18 からの磁束により垂直磁性膜 4 の磁化が影響を受けることはない。また本発明では、磁気ヘッドとして、単磁極ヘッド以外のもの、例えば再生部に巨大磁気抵抗 (GMR) 素子を備えた複合型薄膜磁気記録ヘッドを用いることもできる。

【0042】本実施形態の磁気記録再生装置は、磁気記録媒体 10 の配向制御膜 3 が Hf を含み、配向制御膜 3 の  $\Delta\theta 50$  が、垂直磁性膜 4 の  $\Delta\theta 50$  より小さく、かつ 2 ~ 15 度の範囲とされ、垂直磁性膜 4 の逆磁区核形成磁界が 0 ~ 2500 (Oe) とされているので、上述の通り、出力特性およびノイズ特性を高め、しかも優れた熱揺らぎ特性を得ることができる。

【0043】

【実施例】以下、実施例を示して本発明の作用効果を明確にする。

(実施例 1 ~ 21) 洗浄済みのガラス基板 1 (オハラ社製、外径 2.5 インチ) を DC マグネトロンスパッタ装置 (アネルバ社製 C-3010) の成膜チャンバ内に収容し、到達真空度  $1 \times 10^{-4}$  Pa となるまで成膜チャンバ内を排気した後、このガラス基板 1 上に、100℃の温度条件で 89 at% Co - 4 at% Zr - 7 at% Nb からなる軟磁性下地膜 2 (厚さ 100 nm) をスパッタ法により形成した。次いで、200℃の温度条件で、軟磁性下地膜 2 上に、Hf または Hf 合金からなる配向

制御膜 3 をスパッタ法により形成した。Hf 合金としては、添加元素 (Y、Ti、Zr、Nb、Ta、Rh、Au、Al、Cr、C、O、N のうち 1 種)、酸化物 (Si 酸化物、Zr 酸化物、Ti 酸化物、Al 酸化物のうち 1 種)、B を含むものを用いた。添加元素、酸化物、B の含有率は表 1 に示した通りとした (表 1 中、含有率)。次いで、68 at% Co - 16 at% Cr - 14 at% Pt - 2 at% B からなる垂直磁性膜 4 (厚さ 30 nm) を形成した。上記スパッタリング工程においては、成膜用のプロセスガスとしてアルゴンを用い、ガス圧力 0.5 Pa にて成膜を行った。次いで、CVD 法によりカーボン保護膜 5 (厚さ 5 nm) を形成した。次いで、ディップコーティング法により、パーフルオロポリエーテルからなる潤滑膜 6 (厚さ 2 nm) を形成し、磁気記録媒体を得た。

【0044】(比較例 1 ~ 3) 配向制御膜に、表 1 に示す材料を用いて磁気記録媒体を作製した。

【0045】(比較例 4) 配向制御膜を形成する際の温度条件を 290℃として磁気記録媒体を作製した。

【0046】各磁気記録媒体の配向制御膜 3 および垂直磁性膜 4 の  $\Delta\theta 50$  を X 線回折法により測定した。測定結果を表 1 に示す。また各磁気記録媒体の磁気特性を GUZIK 社製リードライトアナライザ RWA1632、およびスピンスランド S1701MP を用いて測定した。磁気特性の評価には、磁気ヘッドとして単磁極ヘッドを用い、線記録密度 10 kFCI ( $S_0$ )、600 kFCI (N) の条件で SNRm の測定を行った。なお  $S_0$  は孤立波形出力を意味し、N は線記録密度 600 kFCI におけるノイズを意味する。再生出力信号は 100 kFCI の条件で測定した。試験結果を表 1 に示す。Hc は、磁気記録媒体を基板 1 に対し垂直な方向に磁化させたときの保磁力を示す。

【0047】

【表 1】

	配向制御膜				配向 制御膜 $\Delta\theta 50$ (度)	磁性膜 $\Delta\theta 50$ (度)	-H <sub>n</sub> (Oe)	H <sub>c</sub> (Oe)	再生 出力 (mV)	SNR <sub>n</sub> (dB)
	構成材料	含有 率 (at%)	厚さ (nm)	温度 条件 (°C)						
実施例1	Hf	—	5	200	5.2	6.4	594	3774	2.40	17.32
実施例2	Hf-Y	3	5	200	3.5	4.8	958	3996	2.71	17.70
実施例3	Hf-Ti	20	5	200	3.4	4.8	1859	3966	2.96	18.03
実施例4	Hf-Ti	20	70	200	5.7	6.7	381	3765	2.61	16.77
実施例5	Hf-Zr	20	5	200	3.4	4.5	1470	4187	2.73	17.68
実施例6	Hf-Nb	3	5	200	3.0	4.9	2096	3945	2.88	17.54
実施例7	Hf-Nb	15	5	200	5.5	6.3	652	3501	2.65	16.35
実施例8	Hf-Ta	5	5	200	3.6	4.1	873	4043	2.96	17.70
実施例9	Hf-Rh	3	5	200	4.1	5.2	991	3948	2.73	17.60
実施例10	Hf-Au	5	5	200	3.8	5.4	1085	3900	2.99	17.61
実施例11	Hf-Al	20	5	200	3.2	4.3	1067	4087	2.94	17.58
実施例12	Hf-Cr	10	5	200	3.9	5.6	850	4250	2.76	18.21
実施例13	Hf-Cr	20	5	200	5.9	6.8	480	3728	2.58	16.81
実施例14	Hf-C	10	5	200	3.6	5.4	1213	4231	2.97	17.73
実施例15	Hf-O	10	5	200	4.5	6.0	2182	4156	2.63	18.05
実施例16	Hf-N	10	5	200	4.3	5.9	1544	4262	2.83	17.72
実施例17	Hf-SiO <sub>2</sub>	20	5	200	4.4	5.7	2609	4018	2.62	17.99
実施例18	Hf-ZrO <sub>2</sub>	20	5	200	4.1	5.5	2479	4016	2.66	17.98
実施例19	Hf-TiO <sub>2</sub>	20	5	200	3.9	5.0	1273	4290	2.90	17.83
実施例20	Hf-Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20	5	200	4.6	5.4	2482	4021	2.56	17.86
実施例21	Hf-B	10	5	200	3.7	5.6	1364	4250	2.95	17.6
比較例1	Ti	—	5	200	6.7	6.5	-543	3091	2.15	14.66
比較例2	C	—	5	200	7.8	7.3	-655	1294	2.01	10.49
比較例3	Ni	—	5	200	6.9	6.2	-380	1066	2.19	11.01
比較例4	Hf	—	5	290	17.3	18.6	-557	1002	1.16	10.18

【0048】表1より、配向制御膜3にHfまたはHf合金を用い、 $\Delta\theta 50$ を2～15度とした実施例では、配向制御膜3に他の材料を用いた比較例に比べ、保磁力、再生出力、SNRについて優れた結果が得られたことがわかる。また、配向制御膜3の厚さを50nm以下の範囲とした実施例では、厚さをこの範囲外に設定した実施例に比べ、再生出力やSNRについて優れた結果が得られた。

【0049】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の磁気記録媒体にあっては、配向制御膜がHfを含み、配向制御膜の $\Delta\theta 50$ が、垂直磁性膜の $\Delta\theta 50$ より小さく、かつ2～15度の範囲とされ、垂直磁性膜の逆磁区核形成磁界が0～2500(Oe)とされているので、出力特性やノイズ特性を悪化させることなく、優れた熱揺らぎ特性が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の磁気記録媒体の第1の実施形態を示す一部断面図である。

【図2】  $\Delta\theta 50$ の測定方法を説明する説明図である。

【図3】  $\Delta\theta 50$ の測定方法を説明する説明図である。

【図4】 ロッキング曲線の一例を示すグラフである。

【図5】 履歴曲線の一例を示すグラフである。

【図6】 履歴曲線の他の例を示すグラフである。

【図7】 本発明の磁気記録媒体の他の実施形態を示す一部断面図である。

【図8】 本発明の磁気記録媒体の他の実施形態を示す一部断面図である。

【図9】 本発明の磁気記録媒体の他の実施形態を示す一部断面図である。

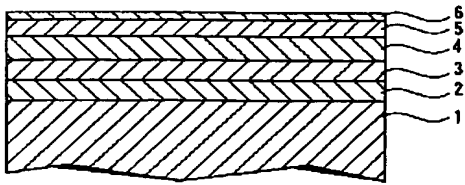
【図10】 本発明の磁気記録再生装置の一例を示す概略構成図である。

【図11】 図10に示す磁気記録再生装置に使用される磁気ヘッドの一例を示す構成図である。

【符号の説明】

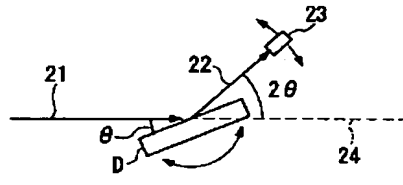
1…非磁性基板、2…軟磁性下地膜、3…配向制御膜、4…垂直磁性膜、5…保護膜、10…磁気記録媒体、12…磁気ヘッド

【図 1】

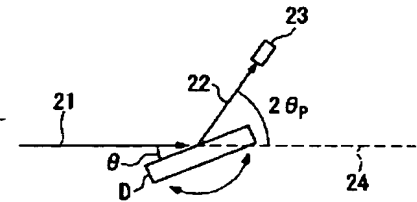


1: 非磁性基板  
2: 軟磁性下地膜  
3: 配向制御膜  
4: 垂直磁性膜  
5: 保護膜

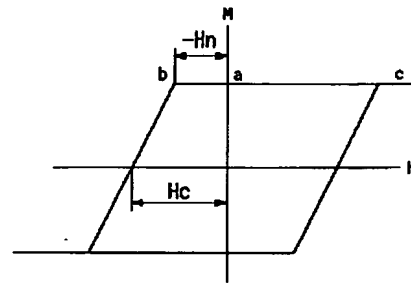
【図 2】



【図 3】

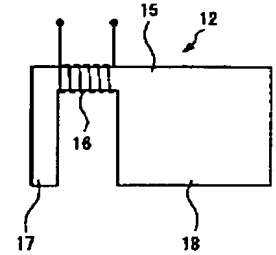


【図 5】

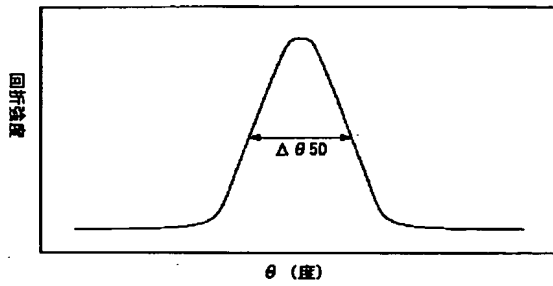


-Hn: 逆磁区核形成磁界

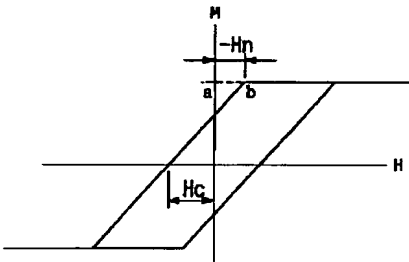
【図 11】



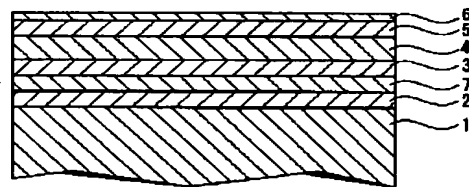
【図 4】



【図 6】

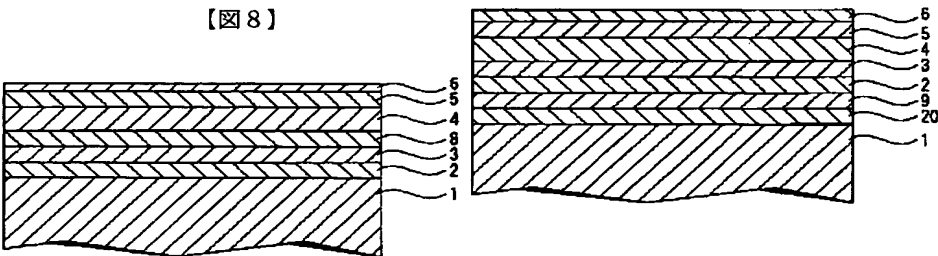


【図 7】

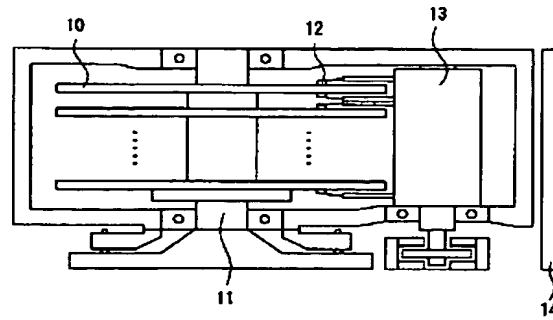


【図 9】

【図 8】



【図 10】



フロントページの続き

(72)発明者 坂脇 彰  
 千葉県市原市八幡海岸通 5 番の 1 昭和電  
 工エイチ・ディー株式会社内  
 (72)発明者 楊 輝  
 千葉県市原市八幡海岸通 5 番の 1 昭和電  
 工エイチ・ディー株式会社内

(72)発明者 國分 誠人  
 千葉県市原市八幡海岸通 5 番の 1 昭和電  
 工エイチ・ディー株式会社内  
 (72)発明者 酒井 浩志  
 千葉県市原市八幡海岸通 5 番の 1 昭和電  
 工エイチ・ディー株式会社内

Fターム(参考) 5D006 BB02 BB07 CA01 CA05 DA03  
 EA03 FA09  
 5D112 AA03 AA04 AA24 BD03 FA04